

УДК 621.791.92

О. Э. Матц *, М. В. Рашковец

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

**o.matts@mail.ru*

Научный руководитель — проф., д-р техн. наук В. А. Батаев

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ Ti–Al–Mn

Целью работы является расширение области применения титанового сплава путем модифицирования поверхностного слоя переходными элементами, что позволяет стабилизировать кубическую структуру $TiAl_3$. В качестве легирующих элементов выбраны: Al и Mn. Применение вневакуумной электронно-лучевой наплавки способствует формированию качественных слоев на поверхности титана. При этом твердость покрытий в 5,5 раз выше твердости титанового сплава.

Ключевые слова: триалюминид титана, поверхностный слой, титановый сплав, электронный луч, интерметаллиды

O. E. Matts, M. V. Rashkovets

STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF Ti–Al–Mn COATINGS

The idea is to extend the application area of the titanium modifying its surface layer with Al and Mn that stabilizes the cubic structure of $TiAl_3$. Non-vacuum electron beam treatment leads to the formation of quality layers. Hardness of the coatings is 5,5 times higher than the titanium alloy one.

Key words: titanium trialuminide, surface layer, titanium alloy, electron beam, intermetallics

В современном машиностроении активно применяются сплавы алюминия. Одними из перспективных материалов являются алюминиды титана: $TiAl$, Ti_3Al , $TiAl_3$. Следует отметить, что в литературе часто обсуждаются сплавы на основе $TiAl$ или Ti_3Al либо композиты

TiAl и Ti_3Al [1]. Тем не менее, крайне редко публикуются научные работы по исследованию триалюминид титана ($TiAl_3$) [2]. Это связано с низким уровнем трещиностойкости интерметаллида при комнатной температуре. В литературе имеются данные, что термодинамически выгодной морфологией является низкосимметричная тетрагональная кристаллическая решетка $TiAl_3$ [3]. Для трансформации тетрагональной решетки в более симметричную — кубическую — необходимо легировать триалюминид титана переходными химическими элементами, такими как Cr, Fe, Ni, Mn и др. [4].

В работе предлагается сформировать защитные композиционные интерметаллидные покрытия на поверхности титанового сплава с целью расширения области его применения, что будет обусловлено повышенным уровнем механических свойств и стойкости к окислению из-за относительно высокого содержания алюминия в $TiAl_3$. Среди известных высокоэнергетических технологий получения защитных металлических слоев часто обсуждается лазерная обработка и электронно-лучевая наплавка. Следует отметить, что применение электронных пучков имеет ряд преимуществ, таких как относительно высокий КПД, возможность обрабатывать подложки на воздухе и др.

В качестве исходных материалов были выбраны основы из титанового сплава ВТ1–0, порошковые смеси состояли из 25 ат. % Ti, 63 ат. % Al, 12 ат. % Mn. Для защиты металлических порошков от окисления использовался флюс — LiF, вес которого составил 50 % от общего веса порошковой насыпки.

Исследование структуры и элементного состава показало, что сформировался защитный слой толщиной (h) 1,9 мм. В покрытиях обнаружены микропоры. Элементный анализ позволил определить, что состав покрытий соответствует области гомогенности кубического триалюминид титана — 31 ат. % Ti, 60 ат. % Al, 6 ат. % Mn, что соответствует спектру № 2 на рис. 1.

При исследовании механических свойств выявлено, что легирование поверхности титанового сплава алюминием и марганцем позволяет повысить микротвердость поверхностного слоя в 5,5 раз относительно материала основы (рис. 2). Кроме того, при индентировании покрытий с нагрузкой на индентор 50 Н не было обнаружено трещин, что позволяет говорить о некотором уровне трещиностойкости, в то время как трещиностойкость тетрагонального триалюминид титана близка к 0.

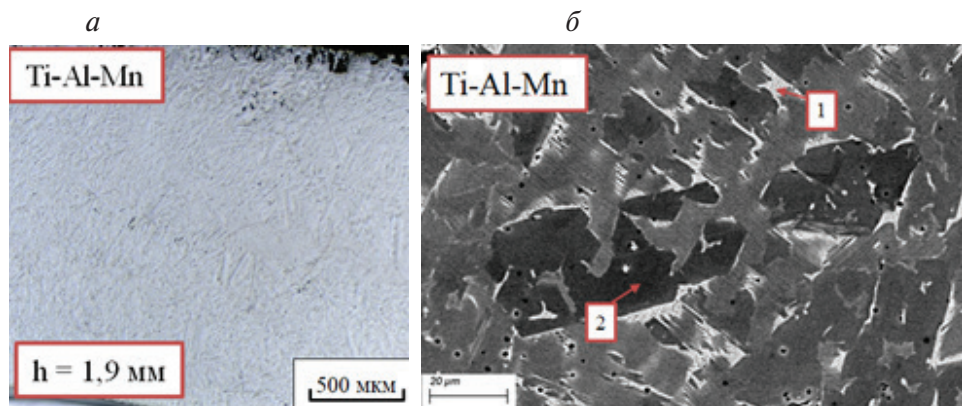


Рис. 1. Микроструктура покрытия Ti–Al–Mn, сформированного при высокоэнергетической обработке титанового сплава BT1–0:

a — общий вид; *б* — при увеличении

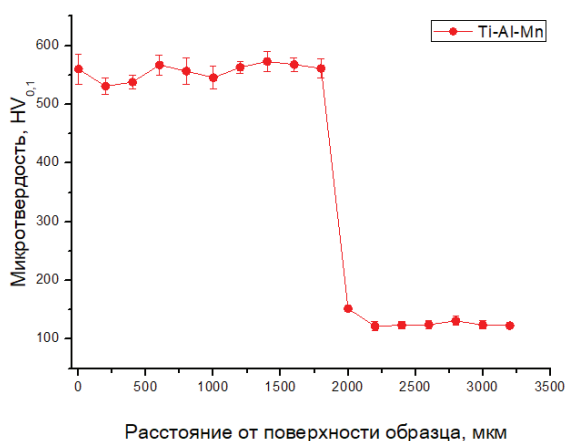


Рис. 2. Распределение микротвердости по поперечному сечению покрытий Ti–Al–Mn

В результате проведенного исследования установлено, что технология электронно-лучевой наплавки позволяет варьировать режимы обработки для получения целевого состава покрытий. Кроме того, качество и свойства получаемых покрытий характеризуются относительно высоким уровнем свойств. Планом дальнейших исследований является проведение фазового анализа, оценка жаростойкости и трещиностойкости покрытий при больших нагрузках на индентор.

Литература

1. Imayev R. M., Imayev V. M. Superplasticity of titanium aluminides // Письма о материалах. 2015. Т. 5, № 3. С. 253–257.
2. Forwood C. T., Gibson M. A. Interfacial Dislocations and Ductility in L12 Titanium Trialuminides // Materials Science Forum. 1995. V. 189–190. P. 353–360.
3. Morris D. G., Morris M. A., Leboeuf M. Fracture of a manganese-modified titanium trialuminide alloy // Acta Metallurgica et Materialia. 1993. V. 41, № 7. P. 2077–2090.
4. Brandt C., Inal O. T. Mechanical properties of Cr, Mn, Fe, Co, and Ni modified titanium trialuminides // Journal of Materials Science. 2002. V. 37, № 20. P. 4399–4403.